

사용자 활동정보 기반의 착용형 심전도 모니터링 시스템 구현

황우진* · 노윤홍* · 정도운*

*동서대학교

Implementation of Wearable ECG Monitoring System based on User Activity Information

Woo-Jin Hwang* · Yun-Hong Noh* · Do-Un Jeong*

*Dongseo University

E-mail : hwj930513@naver.com

요 약

본 논문에서는 최근 스마트 헬스케어 기술의 부각에 따른 일상생활 중 건강 모니터링의 수요에 대응하는 사용자 활동정보 기반의 착용형 심전도 모니터링 시스템을 구현하고자 하였다. 이를 위하여 활동정보의 모니터링을 위한 가속도 센서와 신체에 부착이 가능한 착용형의 심전도 계측 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 가속도 센서와 은-염화은 전극을 사용하는 심전도 계측 모듈을 포함하며, 블루투스 통신을 통해 스마트폰에서 모니터링이 가능한 어플리케이션을 포함한다. 또한 어플리케이션에서는 측정된 가속도와 심전도 신호를 분석하여 모니터링과 부정맥 검출기능을 수행한다. 구현된 시스템의 평가를 위해 피실험자 3명을 대상으로 다양한 활동 상태에 따른 심전도를 측정하였으며, 활동정보 기반의 부정맥 검출 알고리즘 성능평가를 수행하였다.

키워드

ECG Monitoring System, User Activity Information, Context-Awareness

I. 서 론

세계적으로 인구증가 및 고령화에 따른 의료수요가 증가하고 있으며, 현재의 의료 인프라로는 충분한 의료서비스의 제공이 불가능하다. 따라서 의료기술과 ICT기술의 접목을 통해 다양한 의료 서비스를 제공하기 위한 스마트 헬스케어 기술이 부각되고 있다[1]. 특히 심혈관 질환의 경우 현대인의 생활과 식습관에 따라 고위험군 질환으로 인식되고 있으며, 일상생활 중 지속적인 관리가 요구된다. 최근에는 운동관리와 더불어 비만, 당뇨, 심장질환과 같은 만성질환을 예방할 수 있는 콘텐츠 및 모바일 웨어러블 디바이스가 출시되고 있다. 하지만 현재 출시된 모바일 웨어러블 디바이스는 단순히 맥박 신호를 측정하여 건강정보를 분석할 뿐 심전도와 같은 다양한 생체신호를 활용하지 못하고 있다. 그리고 생체신호를 측정할 때 사용자 계측 환경을 고려하지 못하는 문제점이 남아있기 때문에 본 논문에서는 사용자 활동정보 기반의 심전도 모니터링 시스템을 제안하고자 한다.

II. 본 론

1. 전체 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 시스템은 가속도 센서와 은-염화은 전극을 사용하는 심전도 계측 모듈과 측정된 신호를 비교분석하여 실시간 모니터링과 부정맥 진단 솔루션을 제공하는 스마트폰 기반의 어플리케이션으로 구성된다. 시스템의 소형화 및 저전력화를 위해서 KMsyst社 BME-DRIVE를 사용하였고, 데이터의 최적화를 위한 전용의 데이터 전송 프로토콜을 적용하였다. 본 연구에서 구현한 시스템의 전체적인 구성도는 그림 1과 같다.

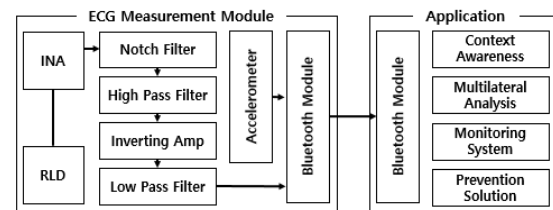


그림 1. 전체 시스템 구성도.

2. 사용자 활동정보 판별 기법

사용자의 활동정보를 판별하기 위한 기법으로 3축 가속도 센서의 중력가속도 값을 이용하였다. 각 축에는 회전성분이 포함되어 있고, 축마다 다른 값을 가지기 때문에 시스템 적용의 어려움이 있다. 따라서 3축을 하나의 대표 값으로 처리하기

위해서 SVM(signal vector magnitude) 기법을 적용하였고, 그 수식은 다음과 같다.

$$E = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1)$$

일반적으로 걸음걸이 수를 판별하기 위해서는 임계값을 활용한다. 하지만 고정된 임계값을 사용하여 걸음을 판별할 경우 가속도 센서 위치에 따라 벡터의 위치가 달라질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 벡터의 위치를 추적하여 임계값이 지속적으로 갱신될 수 있도록 적응형 임계값 알고리즘(Adaptive Threshold Algorithm, ATA)을 적용하였다.

3. 부정맥 검출 및 분류 기법

본 논문에서는 부정맥 검출 및 분류를 위해서 MIT/BIH Arrhythmia Database에 포함되어 있는 부정맥 진단 기준을 참고하였다. 그리고 사용자 활동정보 판별 기법을 통하여 측정된 활동정보를 부정맥을 검출하는데 활용하기 위해서 활동정보 기반의 부정맥 검출 알고리즘을 구현하였으며, 알고리즘의 순서도는 그림 2와 같다.

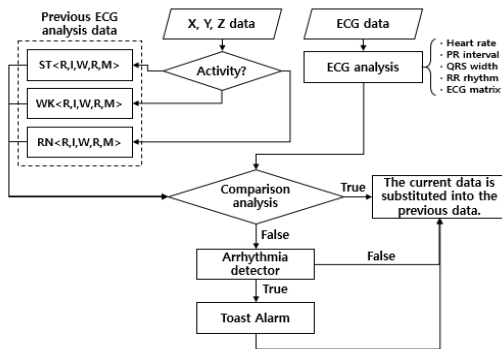


그림 2. 활동정보 기반의 부정맥 검출 알고리즘.

III. 실험 및 결과

본 논문에서 구현한 사용자 활동정보 기반의 심전도 모니터링 시스템을 그림 3에 나타내었다. (a)는 가속도 값과 심전도 신호를 측정하기 위한 계측용 모듈을 나타내었고, (b)는 측정된 신호를 분석하여 실시간 모니터링과 부정맥 진단 솔루션을 제공하는 소프트웨어를 나타내었다.

구현된 시스템을 평가하기 위해서 피실험자 2명을 대상으로 다양한 활동 상태에 따른 심전도를 측정하였다. 본 논문에서의 활동 상태는 정적(ST), 걷기(WK), 뛰기(RN)로 분류되며, 피실험자의 걸음 수 평균에 기반하여 각각 2회, 12회, 20회 이상일 때 판별되도록 하였다. 그리고 활동정보 기반의 부정맥 검출 알고리즘을 적용하기 전과 후를 비교하여 시스템 성능을 평가하였다. 평가 파라미터로 비정상 심박(FN), 정상 심박을 비정상적으로 검출한 개수(FP), 심실조기수축(VPC), 심방

조기수축(APC)을 사용하였으며, 전체 심박을 기준으로 FN과 FP 합을 나누어 오탐율(DER)을 계산하였다. 그 결과 알고리즘 적용 전 시스템 보다 적용 후 시스템이 부정맥을 검출하는데 더 정확하다는 결론을 확인할 수 있었다. 알고리즘 적용 후 파라미터를 표 1에 나타내었다.

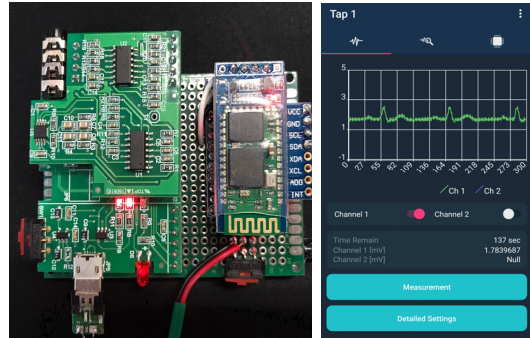


그림 3. 구현된 심전도 모니터링 시스템.

표 2. 부정맥 검출 알고리즘 적용 후

Subject	Time [s]	Total beats	Feature Detector			Abnormal Heartbeat	
			FP	FN	DER	V	A
1	ST	610	785	0	0	0	0
	WK	608	849	1	0	0.01	2
	RN	603	1712	5	4	0.05	6
2	ST	607	844	0	1	0.01	0
	WK	608	876	2	1	0.03	2
	RN	612	1754	3	5	0.04	5

IV. 결 론

본 논문에서는 활동정보 기반의 부정맥 검출 알고리즘을 활용하여 기존 모니터링 시스템 보다 부정맥을 검출하는데 더 정확하다는 근거를 비교 실험을 통하여 확인할 수 있었다. 향후 단순 비교 분석이 아닌 신경회로망 적용을 통한 자동화된 상태 분류 및 검출 알고리즘을 설계하고자 한다.

감사의 글

본 논문은 교육부의 재원으로 지원을 받아 수행된 대학특성화사업(CK) 및 2016정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2015R1D1A1A01061131, No. 2016R1D1A1B03934866)의 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

[1] Zhe Yang, Qihao Zhou, Kan Zheng. (2016). An IoT-cloud Based Wearable ECG Monitoring System for Smart Healthcare. Journal of Medical Systems, 40:286